植 物 分 类 与 资 源 学 报 2011, **33** (6): 581～594
Plant Diversity and Resources DOI: 10.3724/SP.J.1143.2011.11049

中国西南特有翅茎草属的种间界定——基于形态学和分子系统学分析*

董莉娜[1], 李德铢[1,2], 王 红[1**]
(1 中国科学院昆明植物研究所生物多样性和生物地理学重点实验室, 云南 昆明 650201;
2 中国西南野生生物种质资源库, 云南 昆明 650201)

摘要: 翅茎草属 (*Pterygiella*) 是中国西南地区特有的半寄生植物。翅茎草属 4 种植物形态差异不显著, 种的界定依据较模糊; 此外, 杜氏翅茎草 2 变种的划分依据也存在疑问。本研究选取了翅茎草属 4 种 13 个居群, 通过数量性状的主成分分析和质量性状的非加权组平均法聚类分析; 结合叶绿体 4 个片段 (即 *atpB-rbcL*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG* 和 *psbA-trnH*) 和核基因组的 ITS 片段研究, 对该属下的种类划分作了重新界定。研究表明: 翅茎草属应包括 3 种, 即翅茎草、杜氏翅茎草和圆茎翅茎草; 川滇翅茎木应作为圆茎翅茎草的变种。对杜氏翅茎草指定了后选模式, 该种仅包括茎无毛的个体, 而茎疏被毛的个体应归入翅茎草中。基于以上研究结果, 本文提出了一个新的翅茎草属分种检索表, 并做了分类修订。

关键词: 翅茎草属; 主成分分析; 聚类分析; 遗传距离; 后选模式; 分类修订
中图分类号: Q 949, Q 944 **文献标识码**: A **文章编号**: 2095-0845(2011)06-581-14

Species Delimitation of *Pterygiella* (Orobanchaceae), a Genus Endemic to Southwestern China on the Basis of Morphometric and Molecular Analyses

DONG Li-Na[1], LI De-Zhu[1,2], WANG Hong[1**]
(1 *Key Laboratory of Biodiversity and Biogeography*, *Kunming Institute of Botany*, *Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650201, China; 2 *Germplasm Bank of Wild Species*, *Kunming Institute of Botany*, *Chinese Academy of Sciences*, Kunming 650201, China)

Abstract: *Pterygiella*, a genus endemic to southwestern China, belongs to hemiparasitic rhinanthoid Orobanchaceae. Since *P. bartschioides* was segregated as an independent genus of its own, i.e. *Xizangia*, the genus was treated to include four species, *P. duclouxii*, *P. nigrescens*, *P. cylindrica*, and *P. suffruticosa*. However, the discriminative characters are obscure among these species, and the delimitation of the two varieties in *P. duclouxii* remains problematic. To revise the taxonomy of the genus, thirteen populations from the four species were collected for both morphometric and molecular systematic analyses. Principal component analysis (PCA) and cluster analysis via unweighted pair-group method with an arithmetic average (UPGMA) were used. In addition, four chloroplast sequences (i.e., *atpB-rbcL*, *psbA-trnH*, *trnD-trnT* and *trnS-trnG*) and nuclear ITS region were studied. The results showed that *Pterygiella* includes only three species, namely *P. nigrescens*, *P. duclouxii*, and *P. cylindrica*, while *P. suffruticosa* should be merged into *P. cylindrica* as a variety. The previous delimitation of the two varieties within *P. duclouxii* was probably caused by imperfect analysis of morphological characters. Thus, a lectotype was designated for *P. duclouxii* and the plants formerly treated as *P. duclouxii* that bear eglandular stem hairs should be put into *P.*

* 基金项目: 国家自然科学基金项目 (30970201)
** 通讯作者: Author for correspondence; E-mail: wanghong@mail.kib.ac.cn
收稿日期: 2011-03-17, 2011-05-20 接受发表
作者简介: 董莉娜 (1979-) 女, 硕士研究生, 研究方向: 植物系统与进化。E-mail: donglina@mail.kib.ac.cn

nigrescens, while the individuals with glabrous stem should remain in *P. duclouxii*. A new key to the three species in the genus reflecting the results of this study was presented, and a taxonomic revision was given.

Key words: *Pterygiella*; PCA; UPGMA; Genetic distance; Lectotypification; Taxonomic revision

翅茎草属（*Pterygiella* Oliv.）隶属于列当科鼻花族，是中国西南特有分布的半寄生类群。根据英文版《中国植物志》，该属包括5种，即：翅茎草（*P. nigrescens* Oliv.）、杜氏翅茎草（*P. duclouxii* Franch.）、圆茎翅茎草（*P. cylindrica* Tsoong）、川滇翅茎木（*P. suffruticosa* D. Y. Hong）和齿叶翅茎草（*P. bartschioides* Hand.-Mazz.）（Hong等，1998）。其中，齿叶翅茎草较为特殊，叶卵圆形且边缘具齿、种子具透明网状附属物，与其它4种在外形上相差甚远，为翅茎草属内的异质性成员。钟补求等（1963）认为它很可能是一个新的单种属的模式。洪德元（1986）发表了单型属—马松蒿属（*Xizangia* D. Y. Hong），并以马松蒿（*X. serrata* D. Y. Hong）为模式，他认为该属与松蒿属（*Phtheiropsermum* Bunge. ex Fischer & C. A. Meyer）和马先蒿属（*Pedicularis* L.）相近。通过对标本的比较研究，陶德定（1999）认为马松蒿与齿叶翅茎草实为同种，而马松蒿与其代表的马松蒿属应作为异名处理。Wu（1999）也认为马松蒿与齿叶翅茎草为同种，同时也赞同钟补求等（1963）的意见和洪德元（1986）的处理，认为给予齿叶翅茎草属级地位是合理的，并作了马松蒿的新组合：*X. bartsioides*（Hand.-Mazz.）C. Y. Wu et D. D. Tao。洪德元（2001）肯定了陶德定（1999）的观点，详细比较了该种与翅茎草属其它3种在外形、习性、叶、花萼，特别是种皮等形状上的差异，认为马松蒿属是一个特征明显的属，但他没有注意到Wu（1999）的工作及其已发表的*X. bartsioides*（Hand.-Mazz.）C. Y. Wu et D. D. Tao这一组合，又发表了*X. bartschioides*（Hand.-Mazz.）D. Y. Hong的组合。李锡文（2002）认为，*X. bartschioides*（Hand.-Mazz.）D. Y. Hong这个组合为晚出同名。虽然新组合*X. bartsioides*（Hand.-Mazz.）C. Y. Wu et D. D. Tao发表时基名拼写错误（Handel-Mazzetti, 1923），但仍有优先权（McNeill等，2006），马松蒿的正确名称应该为*Xizangia bartschioides*（Hand.-Mazz.）C. Y. Wu et D. D. Tao。

此后，翅茎草属即由4种组成。从外部形态上看，翅茎草属4个种差异不显著。翅茎草与杜氏翅茎草茎具四棱角，沿棱有4条狭翅，叶披针形或线形，具1条主脉；两者主要区别特征为：前者全体密被腺毛，后者植株疏被毛或几无毛。此外，Li（1950）认为根据茎被毛、叶的长宽、叶顶端以及分布特征可以将杜氏翅茎草区分为2变种，但并未给出合法名称。圆茎翅茎草和川滇翅茎木的形态特征非常相似，即：茎圆柱形，叶披针形至线形，具3条主脉，其中，川滇翅茎木仅以其灌木状为主要特征区别于圆茎翅茎草。已往的研究在很大程度上还停留在标本形态分类，如叶和茎形态、植株被毛与否；此外，花粉形态学为翅茎草属种间划分提供了一定的依据（Lu等，2007）。但是，以上述特征作为翅茎草属种或种下分类群的界定还存在一些问题。到目前为止，对翅茎草属系统学分支学科的研究，特别是分子水平的研究还十分匮乏。因此，利用形态学和分子系统学联合分析方法，弄清它们之间的亲缘关系，并在此基础上做出较为正确的分类处理才是较为有效的解决方案。

近年来，依据降维的原理对形态特征进行主成分分析，可以在分类困难的种或种下阶元中抽提出有效的分类依据（Mizianty, 2005; Shah等，2008; Pinheiro和Barros, 2007）。此外，DNA片段越来越多地被用于类群的识别和鉴定（Liu等，2011）。因此，本研究通过对植株茎、叶及花的形态特征进行主成分分析和非加权组平均法聚类分析，并利用4个叶绿体片段（即：*atpB-rbcL*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG*、*psbA-trnH*）和核基因组的ITS片段进行研究，试图对翅茎草属作出更客观的种间界定。

1 材料和方法

1.1 材料

选取翅茎草属4种13个居群作为研究材料。这些居群覆盖了该属主要的分布区范围，如云南丽江（LJ）、

大理（DL）、洱源（EY）、石屏（SP）、屏边（PB）、江川（JC）、蒙自（MZ）、南沙（NS）和四川木里（ML）、西昌（XC）（表1，图1）。其中，67 份保存完整的标本用于形态性状的测量和统计分析；30 个个体用于分子序列分析，以评估属内种间和种内遗传分化。

本文查阅的相关标本馆缩写参照标本馆索引（Index Herbariorum）（http://sciweb.nybg.org/science2/IndexHerbariorum.asp）。

1.2　形态特征分析

对 10 个数量性状进行测量，如茎直径、叶长、叶宽、叶间距、花序轴长、苞片长、苞片宽、花萼长、花萼宽和花梗长。对 4 个质量性状进行比较分析，如茎形态（圆柱形：0；方形：1）、茎被毛（无毛：0；被毛：1）、叶脉数目（1 条主脉：0；3 条主脉：1）和叶顶端（钝形：0；渐尖：1）。

数量性状矩阵应用 SPSS 软件进行主成分分析（principal component analysis，PCA）；质量性状矩阵应用 NTSYS-pc 软件进行非加权组平均法（unweighted pair-group method with an arithmetic average，UPGMA）聚类分析。

1.3　DNA 提取、PCR 扩增、序列比对和遗传距离分析

硅胶干燥的叶片采用改进的 CTAB 法（Doyle 和 Doyle，1987）提取总 DNA。以总 DNA 作为模板，引物 ITS4 和 ITS5（White 等，1990）对 ITS 区域（包括 ITS1、5.8S 和 ITS2）进行 PCR 扩增；引物 trnD^{GUC}F（Demesure 等，1995）和 trnT^{GGU}（Triplett，2008）对 *trnD-trnT* 区域进行 PCR 扩增；引物 trnSR 和 trnSF（Pacak 和 Szweykowska-Kulinska，2000）对 *trnS-trnG* 区域进行 PCR 扩增；引物 atpBr 和 atpBf（Barbrook 等，2001）对 *atpB-rbcL* 区域进行 PCR 扩增；引物 psbA 和 trnH^{GUG}（Hamilton，1999）对 *psb*A-*trn*H 区域进行扩增。扩增引物用于测序反应，应用 ABI3730 自动测序仪进行测序。Lasergene 软件用于序列的拼接。

应用 MUSCLE 在线比对工具（http://www.drive5.com/muscle/）分别对 *atpB-rbcL*、*psbA-trnH*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG* 和 ITS 序列进行比对，Bioedit 软件用于手工校对。软件 MEGA4.1 用于分别计算 *atpB-rbcL*、*psbA-trnH*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG*、ITS 和联合矩阵的 K2P（Kimura 2-parameter）配对遗传距离，比较翅茎草属种内和种间遗传距离。

选择 *Phtheirospermum tenuisectum* 为外类群，应用 PAUP* 4.0b10（Swofford，2002）和 MrBayes 3.1.2（Ronquist 和 Huelsenbeck，2003）分别构建系统发育树。

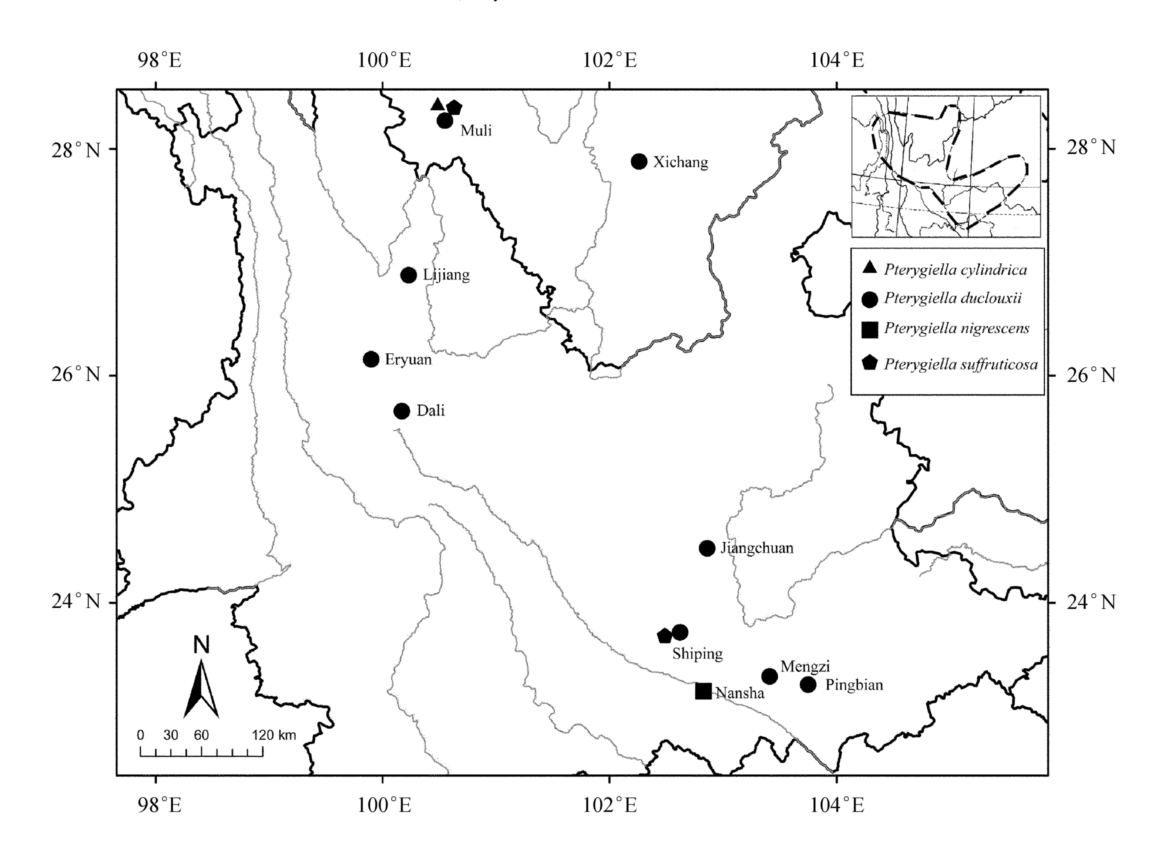


图 1　翅茎草属的主要分布范围和本研究中的取样点。右上图虚线部分表示翅茎草属的主要分布范围

Fig. 1　The distribution of *Pterygiella* and collection sites of samples in this study. General distribution is indicated by the dotted line in top right inset

表 1　用于本研究的翅茎草属个体

Table 1　The studied *Pterygiella* individuals in current research

Taxon	Locality	Latitude/longitude	Voucher	ITS	*psbA-trnH*	*trnD-trnT*	*trnS-trnG*	*atpB-rbcL*
P. cylindrica Tsoong	Muli, Sichuan	28°45′N/100°45′E	Dong LN, CML1	JF746385 *	JN416386	JN416417	JN416448	JN416479
P. cylindrica Tsoong	Muli, Sichuan	28°45′N/100°45′E	Dong LN, CML6	JF746387 *	JN416387	JN416418	JN416449	JN416480
P. cylindrica Tsoong	Muli, Sichuan	28°45′N/100°45′E	Dong LN, CML13	JF746386 *	JN416388	JN416419	JN416450	JN416481
P. duclouxii Franch.	Dali, Yunnan	25°69′N/100°17′E	Dong LN, DDL12	JN416365	JN416389	JN416420	JN416451	JN416482
P. duclouxii Franch.	Eryuan, Yunnan	26°15′N/99°91′E	Dong LN, DEY3	JN416366	JN416390	JN416421	JN416452	JN416483
P. duclouxii Franch.	Eryuan, Yunnan	26°15′N/99°91′E	Dong LN, DEY14	JF746389 *	JN416391	JN416422	JN416453	JN416484
P. duclouxii Franch.	Jiangchuan, Yunnan	24°48′N/102°86′E	Dong LN, DJC7	JN416367	JN416392	JN416423	JN416454	JN416485
P. duclouxii Franch.	Jiangchuan, Yunnan	24°48′N/102°86′E	Dong LN, DJC10	JF746391 *	JN416393	JN416424	JN416455	JN416486
P. duclouxii Franch.	Jiangchuan, Yunnan	24°48′N/102°86′E	Dong LN, DJC12	JN416368	JN416394	JN416425	JN416456	JN416487
P. duclouxii Franch.	Muli, Sichuan	28°25′N/100°55′E	Dong LN, DML4	JF746395 *	JN416395	JN416426	JN416457	JN416488
P. duclouxii Franch.	Muli, Sichuan	28°25′N/100°55′E	Dong LN, DML9	JN416369	JN416396	JN416427	JN416458	JN416489
P. duclouxii Franch.	Muli, Sichuan	28°25′N/100°55′E	Dong LN, DML13	JN416370	JN416397	JN416428	JN416459	JN416490
P. duclouxii Franch.	Lijiang, Yunnan	26°89′N/100°23′E	Zhang S, DLJ3	JN416371	JN416398	JN416429	JN416460	JN416491
P. duclouxii Franch.	Lijiang, Yunnan	26°89′N/100°23′E	Zhang S, DLJ4	JN416372	JN416399	JN416430	JN416461	JN416492
P. duclouxii Franch.	Mengzi, Yunnan	23°35′N/103°41′E	Dong LN, DMZ2	JN416373	JN416400	JN416431	JN416462	JN416493
P. duclouxii Franch.	Mengzi, Yunnan	23°35′N/103°41′E	Dong LN, DMZ4	JN416374	JN416401	JN416432	JN416463	JN416494
P. duclouxii Franch.	Mengzi, Yunnan	23°35′N/103°41′E	Dong LN, DMZ6	JN416375	JN416402	JN416433	JN416464	JN416495
P. duclouxii Franch.	Mengzi, Yunnan	23°35′N/103°41′E	Dong LN, DMZ8	JN416376	JN416403	JN416434	JN416465	JN416496
P. duclouxii Franch.	Pingbian, Yunnan	23°28′N/103°75′E	Dong LN, DPB9	JN416377	JN416404	JN416435	JN416466	JN416497
P. duclouxii Franch.	Shiping, Yunnan	23°74′N/102°62′E	Dong LN, DSP7	JN416378	JN416405	JN416436	JN416467	JN416498
P. duclouxii Franch.	Shiping, Yunnan	23°74′N/102°62′E	Dong LN, DSP11	JN416379	JN416406	JN416437	JN416468	JN416499
P. duclouxii Franch.	Xichang, Sichuan	27°89′N/102°26′E	Yu WB, DXC1	JN416380	JN416407	JN416438	JN416469	JN416500
P. duclouxii Franch.	Xichang, Sichuan	27°89′N/102°26′E	Yu WB, DXC3	JN416381	JN416408	JN416439	JN416470	JN416501
P. duclouxii Franch.	Xichang, Sichuan	27°89′N/102°26′E	Yu WB, DXC8	JN416382	JN416409	JN416440	JN416471	JN416502
P. nigrescens Oliv.	Nansha, Yunnan	23°22′N/102°83′E	Dong LN, NNS1	JF746397 *	JN416410	JN416441	JN416472	JN416503
P. nigrescens Oliv.	Nansha, Yunnan	23°22′N/102°83′E	Dong LN, NNS12	JN416383	JN416411	JN416442	JN416473	JN416504
P. suffruticosa D. Y. Hong	Shiping, Yunnan	23°71′N/102°49′E	Dong LN, SSP4	JN416384	JN416412	JN416443	JN416474	JN416505
P. suffruticosa D. Y. Hong	Shiping, Yunnan	23°71′N/102°49′E	Dong LN, SSP29	JN416385	JN416413	JN416444	JN416475	JN416506
P. suffruticosa D. Y. Hong	Muli, Sichuan	28°37′N/100°63′E	Dong LN, SML10	JF746399 *	JN416414	JN416445	JN416476	JN416507
P. suffruticosa D. Y. Hong	Muli, Sichuan	28°37′N/100°63′E	Dong LN, SML11	JF746400 *	JN416415	JN416446	JN416477	JN416508
Phtheirospermum tentuisectum Bureau & Franch.	Lijiang, Yunnan	——	Lu L, LJ377	JF746383 *	JN416416	JN416447	JN416478	JN416509

* Detailed by Dong *et al*. (2011).

2 结果

2.1 形态性状分析

2.1.1 数量性状的主成分分析 翅茎草属 4 种 13 个居群共 67 份标本的数量性状矩阵见附录 1。由数量性状，即茎直径、叶长、叶宽、叶间距、花序轴、苞片长、苞片宽、花萼长、花萼宽和花梗长的形态特征构成的矩阵进行主成分分析。根据特征值的大小获得的前 4 个主成分的变异量分别为 36.366%，15.476%、12.694% 和 10.537%（累计贡献比率达 75.073%）（表 2）。其中，前 2 个主成分代表所研究 10 个性状中 51.842% 的信息，为研究类群提供主要的信息。因此，根据前两个主成分做二维散点图，然而所有个体呈现交错分布，未能区分出翅茎草属的不同种（图 2）。此外，依据叶长和叶宽做散点图，结果亦未能有效划分翅茎草属内不同种和杜氏翅茎草 2 变种（图 3）。

2.1.2 质量性状的聚类分析 对茎形态、叶脉数目、茎被毛和叶顶端 4 个质量性状组成的矩阵进行非加权组平均法聚类分析，研究类群可以区分为 2 个分支和 2 个亚分支（图 4）。分支 I 主要由杜氏翅茎草和翅茎草组成，其主要识别特征是茎四棱形，叶具 1 条主脉。根据植株茎被毛与否，分支 I 划分为两个亚支，即：亚支 Ia 由茎被毛的杜氏翅茎草与翅茎草组成（采自云南蒙自、屏边、江川、洱源、富民、石屏的杜氏翅茎草和采自云南南沙的翅茎草）；亚支 Ib 由茎无毛

表 2 数量性状主成分分析的特征值

Table 2 The initial eigenvalues of principal components (PC) in quantitative data

主成分	特征值	比率/%	累积比率/%
1	3.637	36.366	36.366
2	1.548	15.476	51.842
3	1.269	12.694	64.536
4	1.054	10.537	75.073
5	0.821	8.213	83.286
6	0.578	5.783	89.069
7	0.451	4.513	93.582
8	0.303	3.028	96.610
9	0.178	1.781	98.390
10	0.161	1.610	100.000

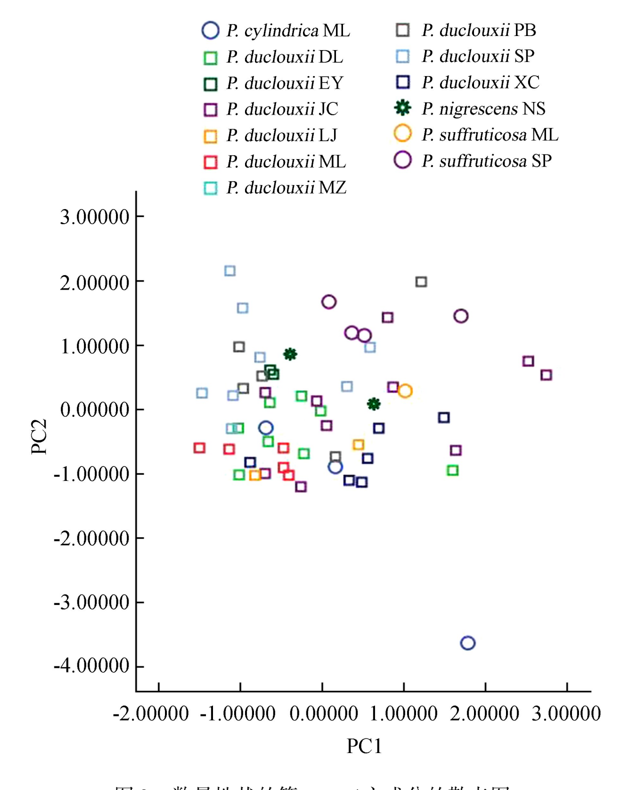


图 2 数量性状的第一、二主成分的散点图

Fig. 2 2D PCA scatter plot of principal component 1 & 2 in quantitative data

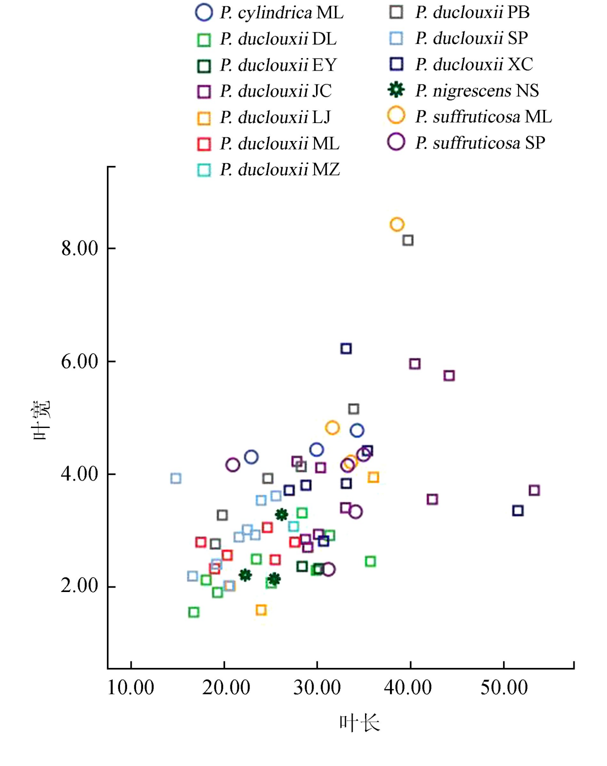


图 3 基于叶长和叶宽的散点图

Fig. 3 Scatter plot based on length and width of leaf

的杜氏翅茎草组成（采自四川木里、西昌，云南丽江、大理的杜氏翅茎草）。分支 II 主要由川滇翅茎木和圆茎翅茎草组成，其主要识别特征为茎圆柱形，叶具3条主脉，茎被毛，叶顶端渐尖。

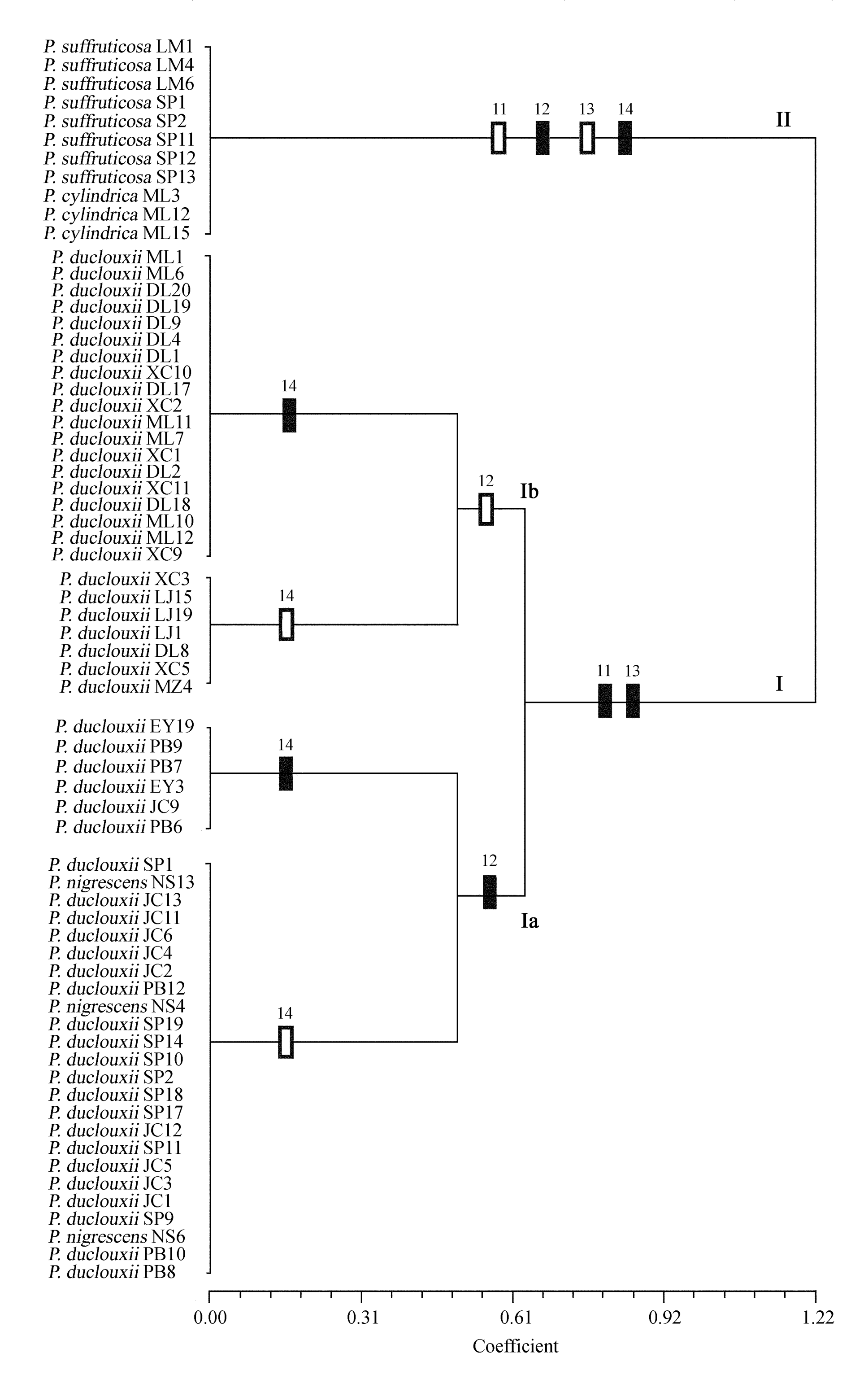


图4 质量性状的非加权组平均法聚类分析。矩形表示性状，矩形上的数字表示性状编号；空心矩形表示性状编码为0，实心矩形表示性状编码为1

Fig. 4 The UPGMA cluster analysis based on qualitative data. The rectangle was indicated character, and the number was indicated serial number of character above rectangle. Hollow rectangular was indicated 0 and filled one was indicated 1 for character states

质量性状中，叶顶端特征并未有效识别以上不同分支，如亚支 Ib 中采自四川西昌的杜氏翅茎草，编号为 DXC1、DXC2、DXC9、DXC10 和 DXC11 的叶顶端为渐尖，而编号为 DXC3 和 DXC5 的叶顶端为钝形。

2.2　分子序列分析

叶绿体片段以及核基因组的 ITS 片段在翅茎草属 4 种 30 个个体中所能提供的序列特征以及信息位点数目有一定的差异（表 3）。*psbA-trnH* 片段比对后全长 283 bp，采自四川木里和云南丽江、大理的杜氏翅茎草所有个体均存在一个 34 bp 的缺失，该片段提供 2 个变异位点。*trnD-trnT* 片段比对后全长 835 bp，采自云南石屏的所有川滇翅茎木个体具有 6 bp 的插入，该片段具有 1 个变异位点，提供 1 个信息位点。*trnS-trnG* 片段比对后全长 659 bp，采自四川木里的圆茎翅茎草、川滇翅茎木和采自大理、丽江的杜氏翅茎草共享 8 bp 的插入，该片段具有 2 个变异位点。*atpB-rbcL* 片段比对后全长 759 bp，采自四川木里及云南丽江和大理的杜氏翅茎草共享一个 3 bp 的插入。ITS 序列比对后全长 622 bp，包含 46 个变异位点，40 个信息位点。4 个叶绿体片段联合全长为 3 158 bp，提供 53 个变异位点，其中 42 个信息位点。总体上，核基因组的 ITS 区域在翅茎草属内提供最多的变异位点和信息位点，在联合矩阵总变异位点和信息位点中分别提供 86.8% 变异位点和 95.2% 信息位点。

根据 K2P 分别统计上述分子片段在翅茎草属种内和种间的遗传距离（表 3），其中，*psbA-trnH* 最大种内距离为 0.003，略高于种间最小距离 0.001；*trnD-trnT* 最大种内距离为 0.001，略高于种间最小距离 0；*trnS-trnG* 最大种内距离为 0.002，略高于种间最小距离 0；*atpB-rbcL* 最大种内距离与种间最小距离相同，均为 0；ITS 最大种内距离为 0.017，明显高于种间最小距离 0.001。4 个叶绿体片段和 ITS 片段在翅茎草属 4 个种内均表现出种内遗传距离高于种间遗传距离。

基于 4 个叶绿体片段和 ITS 片段的联合矩阵，根据最大似然法构建的系统发育树与贝叶斯相同。均显示翅茎草属 4 个种形成 2 个分支和 2 个亚支（图 5），与质量性状的聚类分析结果一致。分支 I 由杜氏翅茎草和翅茎草组成，分支 II 由川滇翅茎木与圆茎翅茎草组成。其中，分支 I 又被分为两个亚支：亚支 Ia 由采自云南洱源、蒙自、石屏、江川、屏边的杜氏翅茎草与采自云南南沙的翅茎草组成；亚支 Ib 由采自四川木里、西昌和云南丽江、大理的杜氏翅茎草组成。

3　讨论

翅茎草属 4 种中，杜氏翅茎草分布区域最广，形态变异多样。根据叶形、被毛特征以及地理分布，Li（1950）提出该种可以划分为具替代分布的 2 变种：1 个变种叶披针形，长 2～5 cm，叶顶端渐尖，无毛，主要分布于滇西北和川西南，另 1 个变种叶线形，长约 1～2 cm，叶顶端钝形，疏被毛，主要分布于滇中及滇东南。本研究通过非加权组平均法聚类分析（图 4）和基于 4 个叶绿体片段和 ITS 序列构建的邻接树（图 5），均支持 Li 提出的杜氏翅茎草可划分为 2 变种（不同的分支）的观点。然而，对于翅茎草属

表 3　叶绿体片段和 ITS 片段序列特征及在翅茎草属种间和种内的 K2P 遗传距离

Table 3　Sequence features and intraspecific and interspecific K2P distances in *Pterygiella* of chloroplast regions (psbA-*trnH*, *trnD-trnT*, *trnS-trnG*, *atpB-rbcL*) and ITS

	psbA-trnH	*trnD-trnT*	*trnS-trnG*	*atpB-rbcL*	ITS	Combine
Aligned length/bp	283	835	659	759	622	3158
Indel (length)	1 (34)	1 (6)	1 (8)	1 (3)	2 (1)	——
GC content/%	27.1	36.9	29.1	30.4	57.6	36.9
No. variable sites	2	1	2	3	45	53
No. parsimony-information	2	1	0	0	39	42
Maximum intraspecific variation	0.003	0.001	0.002	0	0.017	0.003
Range of intraspecific variation	0～0.003	0～0.001	0～0.002	0	0～0.017	0～0.003
Minimum interspecific divergence	0.001	0	0	0	0.001	0.001
Range of interspecific divergence	0.001～0.005	0～0.001	0～0.001	0	0.001～0.042	0.001～0.009

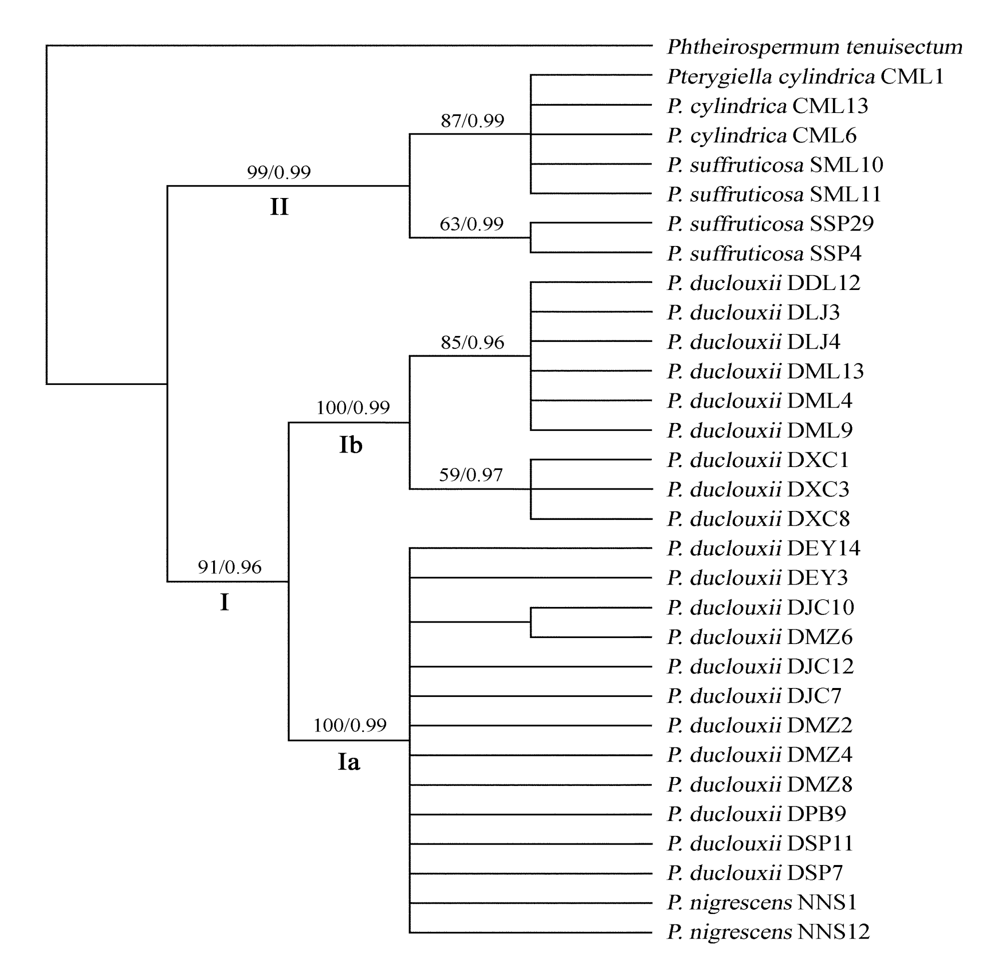


图5 基于 *atpB-rbcL*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG*、*psbA-trnH* 和 ITS 片段的联合矩阵得到的严格一致树，树长=101，CI=0.921，RI=0.973。分支上的数字表示靴带值/后验概率

Fig. 5 Strict consensus based on combined datasets of *atp*B-*rbc*L, *trn*D-T, *trn*S-G, *psb*A-*trn*H and ITS regions. Length=101, CI=0.921, RI=0.973. The numbers was indicated parsimony bootstrap values/Bayesian posterior probability values above the branches

4个种数量性状的主成分分析，发现数量性状并不能用于区分杜氏翅茎草的2变种，特别是叶长和叶宽的特征；质量性状中叶顶端形态亦不能提供有效的分类信息。质量性状和分子序列分析均表明茎被毛与否应该作为有效识别杜氏翅茎草变种（两个分支）的关键性状。

杜氏翅茎草最早是由法国植物分类学家Franchet（1900）描述，它与翅茎草的主要区别为植株无毛，茎更纤细，叶顶端更加锐尖，雄蕊基部被细柔毛，花萼角部缺少皱褶的翅。然而，不同于Franchet对于杜氏翅茎草的界定，钟补求等（1963）、Hong等（1998）及洪德元和潘开玉（2006）认为杜氏翅茎草的主要识别特征为全体近于无毛或疏被短毛，而疏被毛这一特征无疑扩大了对杜氏翅茎草的界定。形态学和分子序列信息均显示杜氏翅茎草中茎疏被毛的个体与茎密被毛的翅茎草具有较高的相似性，而明显有别于茎无毛的个体，所以Li（1950）对于杜氏翅茎草变种的划分实为不同种的区分。本研究认为，应将杜氏翅茎草界定为仅包括茎无毛的个体（图6）。

此外，川滇翅茎木在发表时仅以其灌木状为主要特征区别于圆茎翅茎草（Hong，1996）。本研究通过对其形态特征和分子序列分析，均显示川滇翅茎木与圆茎翅茎草难以区分，灌木特征可能是受环境饰变作用形成的可塑形状。因此，我们认为川滇翅茎木并不足以给予种的分类等级，应将其处理为圆茎翅茎草的变种。

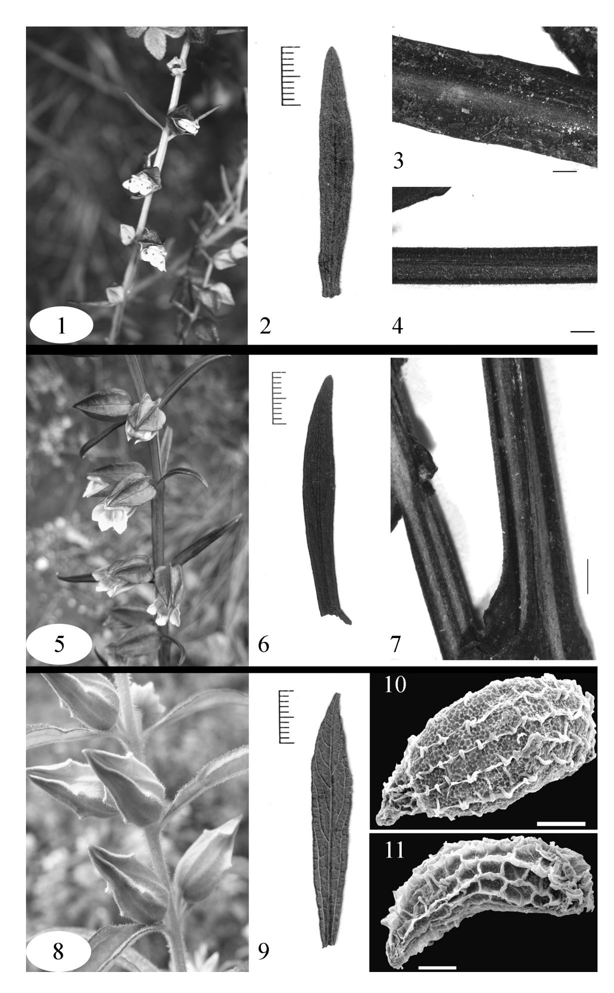


图6　翅茎草属形态

1～4 翅茎草：1. 植株形态；2. 叶形；3. 茎被褐色柔毛（Ducloux & Bodinier 348）；4. 茎被短毛（Bodinier 1792）；5～7 杜氏翅茎草：5. 植株形态；6. 叶形；7. 茎无毛（Delavay s. n.，Accession number 00520828））；8～11 圆茎翅茎草：8. 植株形态；9. 叶形；10. 圆茎翅茎草种子形态（采集人不详 14889）；11. 川滇翅茎木种子形态（青藏队 14400）。(2，6，9. Bar=1 cm；3，4，7. Bar=1 mm；10～11. Bar=100 μm)

Fig. 6　The morphology of *Pterygiella*

1-4 *P. nigrescens* Oliv.: 1. habit, 2. shape of leaf, 3. brown pubescence on the stem (Ducloux & Bodinier 348), 4. short hair on the stem (Bodinier 1792); 5-7. *P. duclouxii* Franch.: 5. habit, 2. shape of leaf, 3. glabrous on the stem (Delavay s. n., Accession number 00520828); 8-11. *P. cylindrica* Tsoong: 8. habit, 9. shape of leaf, 10. seed coat morphology in *P. cylindrica* (Anonymous 14889), 11. seed coat morphology of seed in *P. cylindrica* var. *suffruticosa* D. L. Dong & H. Wang (Qinghai-Xizang Expedition 14400). (2, 6, 9. Bar =1 cm; 3, 4, 7. Bar=1 mm; 10-11. Bar=100 μm)

综上所述，翅茎草属应该被重新界定为3种，并已得到DNA条形码研究的支持（Dong等，2011）。由此，该属新的分种检索表如下：

分种检索表

1. 茎圆柱形，不具棱角或翅；叶显具3主脉
……………… **3. 圆茎翅茎草 *P. cylindrica*** P. C. Tsoong
1. 茎方形，沿棱角有4条狭翅；叶仅具主脉1条…… **2**
  2. 茎密被棕褐色腺毛或疏被短毛
  ……………………… **1. 翅茎草 *P. nigrescens*** Oliv.
  2. 茎无毛 …… **2. 杜氏翅茎草 *P. duclouxii*** Franch.

Key to species

1. Stem terete, wingless; leaves 3-veined
…………………………… **3. *P. cylindrica*** P. C. Tsoong
1. Stems quadrangular, winged along ribs; leaves 1-veined
………………………………………………………………… **2**
  2. Stem densely glandular or sparsely eglandular-pubescent …………………… **1. *P. nigrescens*** Oliv.
  2. Stem glabrous …………… **2. *P. duclouxii*** Franch.

1　翅茎草

Pterygiella nigrescens Oliver in W. J. Hooker, Icon. Pl. **25**: t 2463, 1896.

本种与杜氏翅茎草（*P. duclouxii* Franch.）形态相似，但后者茎无毛。据原描述，本种茎被褐色微柔毛。但据大量标本观察（见分布内的引证标本），本种有时也具腺体的毛或短绒毛或短毛。

分布于中国云南、贵州、广西。

云南：**昆明**，2 100 m，'on grassy slope'，1945-07-11，T. N. Liou 14074 (PE)；2 100 m，'grassland'，1945-08-13，T. N. Liou 14109 (PE)；2 100 m，杉松林中，1953-08-30，冯国楣 50063 (KUN)；水沟边润湿草坡，1955-07-26，采集人不详 50873 (KUN)；石上、石山，1955-08-31，邱炳云 50964 (KUN, PE)；山坡草地，1963-08-17，杨增彦 101254（茎被短绒毛；KUN)；1 800 m，1977-08-17，邱炳云 77508 (KUN, CDBI, HIB)；1 400 m，灌丛中，1977-09-01，邱炳云 77688 (KUN, CDBI, HIB)；山坡灌丛中，1977-10-17，邱炳云 771298 (KUN, CDBI, HIB)；3 200 m，'in thickets along path side'，2008-07-26，彭华等 8012 (KUN)；'under *Pinus yunnanensis* forest'，2009-08-27，刘恩德和方伟 2246（茎被短毛；KUN)；**安宁**，2 100 m，有刺灌丛，1963-07-15，吴征镒 188 (KUN, WUK)；2 200 m，1977-09-02，邱炳云

77906（茎被短毛；KUN，CDBI，HIB）；**路南**，1 800 m，石灰岩山地，1977–09–07，邱炳云 771027（KUN，CDBI，HIB）；**富民**，2 600 m，山坡路边草地，1964–10–19，邱炳云 596065（KUN）；**宜良**，栎树下，1975–08–26，邱炳云 60692（茎密被细短毛；KUN）；1 720 m，山坡灌丛，1978–10–29，P. Y. Chiu 61270（KUN）；**永仁**，2 000 m，林隙灌丛，1976–08–03，吴征镒 4037（KUN）；**鹤庆**，2 200 m，草坡，1929–08–30，秦仁昌 24206（KUN，PE）；**兰坪**，2 800 m，'in ravine'，1933–10–12，H. T. Tsai 56211（KUN，PE）；2 400 m，山坡、云南松林缘岩山上，1964–09–18，武素功 9028（茎密被短柔毛，散布束状褐色长柔毛；KUN）；**剑川**，山坡林下，1975–09–27，邱炳云 61113（KUN，CDBI）；**洱源**，杂木林内山坡，1929–07–18，秦仁昌 23281（KUN，PE）；山坡沼泽地，1975–09–27，邱炳云 60993（茎疏被毛；KUN）；'Environs de Yunan sen'，1897–08–10，Ducloux & Bodinier 348（茎被短柔毛；P）；**姚安**，林缘，1976–10–15，吴征镒 6594（KUN）；**景东**，2 200 m，路边山坡，1983–10–10，孙航 8H-134（KUN）；1 930 m，次生林隙中草地，1993–10–21，彭华 1534（KUN）；1 800 m，路边灌丛下，1993–11–14，彭华 1996（茎被短毛；KUN）；**双柏**，箐边，1958–10–05，黄蜀琼 169（KUN）；**砚山**，1 000 m，'grassy slope'，1940–09–27，C. W. Wang 84061（KUN，PE）；**江川**，大湖水库林下，1975–08–07，邱炳云 60370（KUN）；1975–08–10，邱炳云 60642（KUN）；2 000 m，林下灌丛中，1989–11–01，玉溪队 1392（KUN）；**屏边**，1 400 m，'on open slope'，1934–09–14，H. T. Tsai 61965（KUN，PE）；1 250 m，1939–09–20，C. W. Wang 81992（KUN，PE）；**峨山**，1 700 m，阳处路旁南坡，1958–10–05，武素功 233（KUN）；1 370 ~ 1 890 m，阳坡，1988–10–11，峨山队 641（KUN）；**建水**，900 m，'roadside in the brush'，2000–10–15，税玉民和陈文红 13061（KUN）；**文山**，1 300 m，1980–09–26，李恒 50（KUN）；1 700 m，山坡灌丛中，1992–9–28–，税玉民 369（KUN）；**石屏**，1 461 m，山坡草地，2005–10–10，刘恩德 1361（茎密被短毛；KUN）；**元江**，1 400 m，'on open slope'，1934–09–14，H. T. Tsai 61965（PE）；1 250 m，1939–09–20，C. W. Wang 81992（KUN，PE）；石山、阳坡干燥草坡，1965–11–03，尹文清 1926（KUN）；阴坡草丛中，1984–05–10，陶国达 38199（HITBC）；470 ~ 650 m，**元阳**，630 m，河谷稀树灌丛，1987–11–14，红河队 87-037（KUN）；**蒙自**，Henry 10157（PE）；Henry 9141（PE）；1 500 m，1939–09–07，C. W. Wang 81564（KUN，PE）；1 750 m，'Mt. slope'，1939–10–13，王启无 83436（KUN，PE，WUK）；**富宁**，300 m，草坡，1958–10–26，蔡希陶 58-8734（KUN）。

贵州：**兴仁**，1 000 m，山坡草地，1960–08–17，贵州队 7785（KUN，PE）；**榕江**，890 m，山坡草地，1965–08–08，简焯坡等 51476（茎被短毛；KUN，PE）；'Prov. de Kouy-Tcheou；environs de Gan-pin'，1897–08–08，Bodinier 1792（茎密被毛，散布束状褐色柔毛；P）。

广西：**凌云**，610 m，'on open grass hillside'，1928–08–25，秦仁昌 7613（PE）；1 460 m，'on open grass hillside'，1928–08–26，秦仁昌 7156（PE）；山间，1939–08–13，陈立卿 92571（IBK）；**百色**，高丘陵、路旁灌木丛中下，百色队 1097（PE，IBK），山坡半阴处，1955–12–05，百色队 1281（PE，IBK）；丘陵山坡路旁，1957–10–07，南植地 4530（IBK）；山坡、半阴处灌木丛下，1958–09–21，钟树权 62352（IBK）。

2 杜氏翅茎草

Pterygiella duclouxii Franchet in Bull. Soc. Bot. France **67**：22，1900. TYPE：China，Yunnan，Les bois à Mien-kia-se près de Ta-pin-tze，22/8/1885，Delavay s.n.，(Accession number 00520828)，(Lectotype，designated here，P!)。

本种的合模式（syntype）包括 Yunnan，in silvis ad Mien-kia-se près de Ta-pin-tze，Delavay 346；Yunnan sen，in herbosis montis supra urbem，Ducloux & Bodinier 348 和 Mong-tze（Ledru），Kouitchéou，supra Ganpin ad Ite-che-tou，Bodinier 1792。在这些标本中，我们未见到 Delavay 346，仅见到了 3 份产地模式（Les bois à Mien-kia-se

près de Ta-pin-tze, 22/8/1885, Delavay s. n. (Accession number 00520827, 00520828); Les prairies à Mien kia se près de Ta pin tze 6/9/1885, Delavay s. n. (Accession number 00520829)。其中，Ducloux & Bodinier 348 茎具褐色柔毛、Bodinier 1792 具短柔毛，均应并入 *P. nigrescens* Oliver。3 份 Delavay s. n. 标本均无毛，符合本种的描述，选定其中巴黎自然历史博物馆编号为 P00520828 号标本为该种的后选模式。

分布于中国云南（中甸、丽江、大理），四川（冕宁、西昌、西康、木里等）。

云南：**中甸**，山坡上，1939-08-17，K. M. Feng 2065（KUN）；2 600 m，山坡疏松林林中，1962-09-19，中甸队 2171（KUN）；**丽江**，2 800 m，'grassy slope'，1937-08-13，T. T. Yü 15432（KUN，PE）；山脚草坝，1939-09-02，赵致光 30600（KUN）；1940-09-15，秦仁昌 31037（KUN，PE）；2 200 m，山坡云南松林下，1983-10-03，青藏队 14930（KUN）；2 400～2 650 m，1987-09-06，大场秀章等 27（KUN）；2 400～2 650 m，1987-09-06，大场秀章等 620（KUN）；2 650 m，灌木丛中疏荫处缓坡，云大生物系玉龙山植被调查队 673（KUN）；**大理**，1982-09-10，小山博滋和陶德定等 1336（KUN）；'Les bois à Mien-kia-se près de Ta-pin-tze'，1885-08-22，Delavay s. n.（Accession number 00520827，P）；'Les prairies à Mien kia se près de Ta pin tze'，1885-09-06，Delavay s. n.（Accession number 00520829，P）。

四川：**木里**，1 600 m，'under pine forest'，1932-08-25，T. T. Yü 1362（PE）；2 600 m，'margin of woods grassy slope'，1937-08-21，T. T. Yü 14071（KUN，PE）；2 600 m，'margin of thickets on rock'，1937-09-02，T. T. Yü 14137（KUN，PE）；1 900～2 280 m，路边灌丛阳坡，1959-09-06，武素功 2421（KUN，CDBI）；2 400 m，山坡云南松林下，青藏队 14887（KUN）；**西康**，2 300 m，'on open stony slopes'，K. M. Feng 2771（KUN）；**西昌**，1 700 m，1964-07-29，赵良能 2245（KUN，PE）；**冕宁**，2 600 m，林中文 86-10（KUN）；**美姑**，草地路旁，1959-08-25，采集者不详 6010（KUN，PE）。

3　圆茎翅茎草

Pterygiella cylindrica P. C. Tsoong in Fl. Reipubl. Popularis Sin. **68**：419，1963. TYPE：China，Yunnan，Pin-Chuan Hsien，Hsia-chan to Wa-hsi，October 14，1946，T. N. Liou 21509（Holotype：PE！）。

分布于中国云南，四川。

云南：**昆明**，草坡，1977-03-25，邱炳云 70172（CDBI）；**澄江**，1 700 m，路边灌丛，1989-10-30，玉溪队 1256（KUN）；**江川**，1 680 m，路边灌丛中，1989-10-27，玉溪队 1083（KUN）；**丽江**，1 350 m，砾石草坡上，1962-08-18，中甸队 1228（PE）；2 000 m，谷地牧地，1962-09-21，中甸队 2202（KUN，PE）；**元阳**，380 m，河谷草丛中，1973-11-12，陶德定 1379（KUN）；**禄劝**，1 800 m，草地缓坡，1952-11-22，毛品一 01868（Paratypes，KUN，HITBC，PE）；**剑川**，山坡林下，1975-09-27，邱炳云 61075（KUN，CDBI）；**石屏**，1 550 m，山坡草地，2005-10-07，刘恩德 1335（KUN）；**蒙自**，1 350 m，'dense woods'，1939-09-29，C. W. Wang 83200（PE）。

四川：**木里**，赵清盛、刘建生等 7934（CDBI），2 600 m，丛林边，1937-12-19，T. T. Yü 14889（PE）；2 100 m，'on open grassy slopes'，1939-09-14，K. M. Feng 2954（KUN，PE）；2 800～3 350 m，1959-09-25，武素功 3229（KUN）；2 000～2 350 m，大通河边阳坡，1959-10-23，武素功 3425（KUN）；**南川**，1946-10-15，刘慎谔 21590（KUN）。

3a.　川滇翅茎木

Pterygiella cylindrica* var. *suffruticosa (D. Y. Hong) L. N. Dong et H. Wang *stat. nov.*

Pterygiella suffurticosa D. Y. Hong in Novon **6**：372，1996. TYPE：China，Sichuan，Muli，Chongtianhe，2 000 m 27 September 1983，Qinghai-Xizang Expedition 14400（Holotype：PE！ Isotype：KUN！）。

川滇翅茎木与圆茎翅茎草（*P. cylindrica* Tsoong）分布区重叠，形态相似，主要的区别在于前者的种子网状、种阜不明显（图 6：11），后者的种子具多条纵棱、横棱钩状、密被颗粒状突起、相邻突起的基部或联结为网形、种阜膨大（图 6：10）；在 *atpB-rbcL*、*trnD-trnT*、*trnS-trnG*、

psbA-trnH 和 ITS 序列的碱基位点的一致性达99.78%，故将前者视为后者的变种。

分布于云南（丽江，蒙自）、四川（木里）。

致谢 孟静、蒲高中、张舒、郁文彬和任宗昕在工作中给予帮助；承蒙苏志云研究员悉心指导；法国自然历史博物馆显花植物标本室（P）惠借有关研究标本。

〔参 考 文 献〕

洪德元，潘开玉，2006. 翅茎草属［A］. 见：吴征镒主编，云南植物志 第16卷［M］. 北京：科学出版社，612—615

Barbrook AC, Symington H, Nisbet RER *et al.*, 2001. Organisation and expression of the plastid genome of the dinoflagellate *Amphidinium operculatum* [J]. *Molecular Genetics and Genomics*, **266** (4): 632—638

Demesure B, Sodzi N, Petit RJ, 1995. A set of universal primers for amplification of polymorphic non-coding regions of mitochondrial and chloroplast DNA in plants [J]. *Molecular Ecology*, **4** (1): 129—131

Dong LN, Wortley AH, Wang H *et al.*, 2011. Efficiency of DNA barcodes for species delimitation: A case in *Pterygiella* Oliv. (Orobanchaceae) [J]. *Journal of Systematics and Evolution*, **49** (3): 189—202

Doyle JJ, Doyle JL, 1987. A rapid DNA isolation procedure for small quantities of fresh leaf tissue [J]. *Phytochemical Bulletin*, **19** (1): 11—15

Franchet AR, 1900. *Pterygiella duclouxii* [J]. *Bulletin de la Société Botanique de France*, **67**: 22

Hamilton MB, 1999. Four primer pairs for the amplification of chloroplast intergenic regions with intraspecific variation [J]. *Molecular Ecology*, **8** (3): 513—525

Handel-Mazzetti HF von, 1923. *Pterygiella bartschioides* [J]. *Anzeiger der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Classe*, **60**: 186

Hong DY (洪德元), 1986. A new genus of Scrophulariaceae from Xizang, China [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **24** (2): 139—142

Hong DY, 1996. Additional notes on the Scrophulariaceae of China [J]. *Novon*, **6** (4): 372—374

Hong DY, Yang HB, Jin CL *et al.*, 1998. Scrophulariaceae [A]. In: *Flora of China* [M]. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press, **18**: 209—211

Hong DY (洪德元), 2001. *Xizangia bartschioides* (Hand.-Mazz.) D. Y. Hong, a new combination in Scrophulariaceae [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **39** (6): 544—546

Li HL, 1950. Vicariism in the geography of Scrophulariaceae in China [J]. *Taiwania*, **1**: 141—153

Li XW (李锡文), 2002. Notes on some botanical names from China [J]. *Acta Botanica Yunnanica* (云南植物研究), **24** (1): 14—16

Liu J, Möller M, Gao LM *et al.*, 2011. DNA barcoding for the discrimination of Eurasian yews (*Taxus* L., Taxaceae) and the discovery of cryptic species [J]. *Molecular Ecology Resources*, **11** (1): 89—100

Lu L, Wang H, Blackmore S *et al.*, 2007. Pollen morphology of the tribe Rhinantheae (Orobanchaceae) and its systematic significances [J]. *Plant Systematics and Evolution*, **268**: 177—198

McNeill J, Barrie FR, Burdet HM *et al.*, ed, 2006. *International Code of Botanical Nomenclature* (Vienna Code) [M]. Ruggell: A. R. G. Gantner Verlag

Mizianty M, 2005. Variability and structure of natural populations of *Elymus caninus* (L.) L. based on morphology [J]. *Plant Systematics and Evolution*, **251**: 199—216

Pacak A, Szweykowska-Kulinska Z, 2000. Molecular data concerning alloploid character and the origin of chloroplast and mitochondrial genomes in the liverwort *Pellia borealis* [J]. *Journal of Plant Biotechnology*, **2**: 101—108

Pinheiro F, de Barros F, 2007. Morphometric analysis of *Epidendrum secundum* (Orchidaceae) in southeastern Brazil [J]. *Nordic Journal of Botany*, **25**: 129—136

Ronquist F, Huelsenbeck JP, 2003. MrBayes 3: Bayesian phylogenetic inference under mixed models [J]. *Bioinformatics*, **19**: 1572—1574

Shah A, Li DZ, Möller M *et al.*, 2008. Delimitation of *Taxus fuana* Nan Li & R. R. Mill (Taxaceae) based on morphological and molecular data [J]. *Taxon*, **57** (1): 211—222

Swofford DL, 2002. PAUP*: Phylogenetic analysis using parsimony (* and other methods), version 4.0b10 [CP]. Sunderland: Sinauer Associates

Tao DD (陶德定), 1999. The identity of the genus *Xizangia* Hong (Scrophulariaceae) [J]. *Acta Phytotaxonomica Sinica* (植物分类学报), **37** (3): 281

Triplett JK, 2008. Phylogenetic relationships among the temperate bamboos (Poaceae: Bambusoideae) with an emphasis on *Arundinaria* and allies (Ph. D. thesis) [D]. Ames: Iowa State University

Tsoong PC (钟补求), Cheng SH (郑斯绪), Yang HP (杨汉碧) *et al.*, 1963. *Pterygiella* [A]. In: *Flora Reipublicae Popularis Sinicae* (中国植物志) [M]. Beijing: Science Press, **68**: 378—383

White TJ, Bruns T, Lees S *et al.*, 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics [A]. In: Innis M, Gelfand H, Sninsky JS *et al.* ed. *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* [M]. San Diego: Academic Press

Wu ZY, 1999. Two new combinations in Chinese Scrophulariaceae [J]. *Novon*, **9** (2): 288

附录1　翅茎草属的形态性状统计

Appendix 1　The statistics of quantitative and qualitative characters within *Pterygiella*

种名	凭证标本	1. 茎直径 /mm	2. 叶长 /mm	3. 叶宽 /mm	4. 叶间距 /mm	5. 花序轴长 /mm	6. 苞片长 /mm	7. 苞片宽 /mm	8. 花萼长 /mm	9. 花萼宽 /mm	10. 花梗长 /mm	11. 茎形态	12. 茎被毛	13. 叶脉数目	14. 叶顶端
P. cylindrica	Dong LN, CML3	1.6	29.94	4.44	9.26	10	22.02	3.34	12.33	5.62	2.07	0	1	0	1
P. cylindrica	Dong LN, CML12	1.39	34.28	4.78	14.56	15	36.43	4.64	14.12	4.86	5.6	0	1	0	1
P. cylindrica	Dong LN, CML15	1.7	22.93	4.31	8.47	6.5	17.24	1.71	12.36	5.36	2.21	0	1	0	1
P. duclouxii	Dong LN, DML1	0.9	20.34	2.57	9.70	3	12.56	1.11	9.76	5.84	3.74	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DML6	1.23	24.66	3.06	14.54	7	15.23	1.09	7.85	5.53	3.98	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DML7	1.07	17.52	2.80	17.44	4	21.86	1.59	14.19	7.08	3.54	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, ML10	0.65	19.00	2.33	33.43	7.5	14.83	1.62	12.67	5.85	4.76	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, ML11	1.6	27.60	2.80	11.82	7	18.08	1.58	13.09	5.70	3.36	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, ML12	1.73	25.49	2.49	14.30	21	?	?	10.82	5.86	3.37	1	0	1	1
P. duclouxii	Yu WB, XC1	1.65	51.54	3.36	22.75	23	26.24	1.72	15.08	7.95	3.60	1	0	1	1
P. duclouxii	Yu WB, XC2	1.44	33.11	6.23	7.83	19	19.99	2.09	13.59	4.71	3.99	1	0	1	1
P. duclouxii	Yu WB, XC3	1.5	27.00	3.72	14.63	19	24.13	1.88	13.31	5.74	4.12	1	0	1	0
P. duclouxii	Yu WB, XC5	1.47	35.40	4.42	17.24	19	?	?	14.49	5.36	4.84	1	0	1	0
P. duclouxii	Yu WB, XC9	1.53	33.12	3.84	12.69	15	23.81	1.92	14.43	7.3	4.14	1	0	1	1
P. duclouxii	Yu WB, XC10	1.43	28.79	3.81	21.34	21	20.17	2.06	13.82	7.72	4.39	1	0	1	1
P. duclouxii	Yu WB, XC11	1.20	30.69	2.82	10.99	10	15.87	1.27	9.22	4.92	3.9	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL1	1.46	23.47	2.50	14.93	5.00	13.62	1.47	10.67	5.53	3.17	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL2	1.34	29.91	2.30	8.40	9.50	15.95	1.40	12.32	7.45	3.04	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL4	1.06	18.08	2.13	11.28	9.00	19.41	1.91	12.21	7.89	3.53	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL8	1.63	25.07	2.08	16.14	5.50	14.30	2.22	13.54	8.58	3.72	1	0	1	0
P. duclouxii	Dong LN, DL9	1.63	35.72	2.46	29.99	7.00	19.86	1.24	11.08	7.06	3.32	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL17	1.59	31.33	2.92	23.46	15.00	25.67	3.39	18.83	8.65	4.53	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL18	1.16	16.76	1.56	19.95	10.00	21.89	1.91	15.24	7.35	3.47	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL19	0.93	19.31	1.91	10.28	3.50	18.20	1.09	13.87	6.14	3.91	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, DL20	1.58	28.38	3.32	14.83	5.70	?	?	15.11	7.92	3.87	1	0	1	1
P. duclouxii	Dong LN, MZ4	4.23	27.47	3.08	?	13.00	?	?	?	?	3.30	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN, SP1	1.28	19.22	2.41	11.93	9.00	8.61	1.76	9.62	5.05	2.00	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP2	2.06	23.35	2.93	21.32	20.50	17.25	3.18	14.48	8.47	1.78	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP9	1.03	21.62	2.89	10.40	13.60	13.73	1.93	12.39	8.12	1.39	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP10	2.24	23.99	3.54	19.36	10.20	16.41	1.34	16.70	7.82	4.15	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP11	1.20	25.58	3.62	?	23.00	10.70	1.63	15.16	9.39	2.45	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP14	1.16	22.50	3.02	8.43	12.00	10.62	1.57	11.45	5.79	2.35	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN, SP17	1.98	16.64	2.20	9.17	12.30	8.46	1.45	11.69	9.38	1.21	1	1	1	0

续表

种名	凭证标本	1. 茎直径 /mm	2. 叶长 /mm	3. 叶宽 /mm	4. 叶间距 /mm	5. 花序轴长 /mm	6. 苞片长 /mm	7. 苞片宽 /mm	8. 花萼长 /mm	9. 花萼宽 /mm	10. 花梗长 /mm	11. 茎形态	12. 茎被毛	13. 叶脉数目	14. 叶顶端
P. duclouxii	Dong LN，SP18	1.16	14.83	3.93	12.13	6.20	13.51	2.58	10.65	5.08	1.45	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，P19	1.47	20.51	2.03	11.71	10.00	11.42	1.28	11.39	10.15	2.23	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，PB6	2.14	39.74	8.15	32.65	20.00	10.88	1.58	11.47	9.59	3.21	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN，PB7	1.25	33.92	5.16	16.93	7.50	?	?	13.48	8.09	?	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN，PB8	0.59	19.82	3.28	10.77	4.00	11.30	1.96	13.64	8.21	2.08	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，PB9	0.96	28.28	4.14	14.70	2.00	21.32	3.02	14.92	7.85	2.38	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN，PB10	0.87	19.07	2.77	14.07	2.00	14.07	1.43	13.98	9.38	1.16	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，PB12	0.82	24.70	3.93	18.17	5.80	14.07	1.45	12.31	7.82	1.71	1	1	1	0
P. duclouxii	Zhang S，LJ1	1.40	36.05	3.95	13.73	19.00	21.90	2.22	13.53	5.87	2.71	1	0	1	0
P. duclouxii	Zhang S，LJ15	1.29	20.66	2.02	16.42	9.00	20.69	1.46	11.05	4.98	3.32	1	0	1	0
P. duclouxii	Zhang S，LJ19	0.96	23.99	1.6	7.95	4.70	20.11	?	11.04	5.53	3.32	1	0	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC1	1.59	28.99	2.71	21.29	12.00	17.83	2.27	13.32	6.19	1.72	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC2	2.27	40.48	5.96	46.68	33.00	23.42	3.30	14.51	8.44	3.85	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC3	1.35	30.14	2.94	21.19	4.50	11.94	1.57	12.75	5.50	1.80	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC4	1.70	53.30	3.72	38.53	28.00	21.74	2.81	16.93	10.04	3.85	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC5	2.13	33.05	3.41	19.87	29.00	24.38	2.56	12.09	6.87	1.99	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC6	1.38	44.17	5.75	23.70	22.00	24.10	2.97	14.12	7.13	3.55	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC9	2.21	42.36	3.56	22.56	30.00	15.60	1.86	12.25	7.14	1.96	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN，JC11	1.25	30.37	4.12	19.42	7.80	17.06	2.41	12.51	7.19	2.98	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC12	0.83	28.74	2.85	9.13	4.00	23.72	1.99	12.62	5.69	1.41	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，JC13	1.22	27.82	4.23	14.34	4.20	21.65	1.96	11.20	6.25	3.87	1	1	1	0
P. duclouxii	Dong LN，EY3	1.47	28.39	2.37	11.70	8.00	13.66	1.02	14.18	7.75	2.72	1	1	1	1
P. duclouxii	Dong LN，EY19	1.08	30.18	2.33	12.36	7.50	14.46	1.68	13.79	7.95	1.79	1	1	1	1
P. nigrescens	Dong LN，NS4	2.74	26.19	3.29	14.14	23.60	26.16	3.02	12.25	6.12	1.60	1	1	1	0
P. nigrescens	Dong LN，NS6	1.88	22.28	2.22	16.64	21.00	17.46	2.01	16.57	6.7	?	1	1	1	0
P. nigrescens	Dong LN，NS13	1.95	25.40	2.15	17.49	22.00	13.99	1.76	11.30	6.07	1.91	1	1	1	0
P. suffruticosa	Dong LN，ML1	2.08	31.64	4.83	15.43	10	24.1	3.66	?	?	3	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，ML4	2.21	33.62	4.22	9.08	20	22.72	2.65	?	?	3.01	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，ML6	1.85	38.58	8.43	22.98	14	13.1	2.28	12.67	6.72	3.68	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，SP1	2.77	34.97	4.35	15.12	17	14.56	1.94	13.31	7.55	2.86	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，SP2	2.46	34.12	3.34	7.08	15.5	?	?	18.19	9.01	4.04	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，SP11	3.31	20.95	4.17	12.37	17.5	10.91	2.26	14.7	6.52	1.6	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，SP12	3.86	31.2	2.32	9.29	26	18.54	1.71	11.52	6.36	3.07	0	1	0	1
P. suffruticosa	Dong LN，SP13	3.57	33.26	4.16	13.77	33	17.77	2.65	15.2	9.26	4.38	0	1	0	1